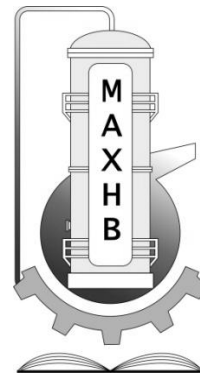


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

ДО ВИКОНАННЯ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ

З КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ

“ Процеси та апарати хімічних виробництв–

2. Гідромеханічні та масообмінні процеси і апарати хімічної технології”

напрямок підготовки: 161- Хімічні технології та інженерія

спеціалізація: Хімічні технології переробки деревини та рослинної
сировини

Методичні вказівки до виконання домашньої контрольної роботи з кредитного модуля “Процеси та апарати хімічних виробництв– 2. Гідромеханічні та масообмінні процеси і апарати хімічної технології ” для студентів напряму підготовки 161- Хімічні технології та інженерія: [Електронний ресурс]: / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад. Степанюк А.Р. – Київ: НТУУ „КПІ”, 2017. – 22 с.

*Гриф надано Вченою радою
інженерно-хімічного факультету НТУУ „КПІ”
(Протокол № 8 від 23 жовтня 2017р.)*

Для студентів інженерно-хімічного факультету.

Відповідальний редактор Степанюк Андрій Романович, к.т.н,

Рецензент:

Сокольський Олександр Леонідович, доцент, к.т.н.

Навчальне видання

Корнієнко Ярослав Микитович

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ ДОМАШНЬОЇ КОНТРОЛЬНОЇ РОБОТИ
З КРЕДИТНОГО МОДУЛЯ
“ Процеси та апарати хімічних виробництв–
2. Гідромеханічні та масообмінні процеси і апарати хімічної
технології”

напряму підготовки: 161- Хімічні технології та інженерія
спеціалізація: Хімічні технології переробки деревини та рослинної

сировини

Зміст

Вступ	4
1. Мета та завдання домашньої контрольної роботи	4
2. Завдання на домашню контрольну роботу	5
3. Склад, обсяг і структура домашньої контрольної роботи	5
4. Вказівки до виконання розділів домашньої контрольної роботи	5
5. Рекомендації до виконання пояснювальної записки	9
5.1 Структура пояснювальної записки	9
5.2 Вимоги до форматування пояснювальних записок	10
5.3 Виклад тексту пояснювальної записки	11
5.4 Оформлення розрахунків	11
5.5 Оформлення додатків	14
6. Вказівки щодо порядку захисту домашньої контрольної роботи	15
8. Список рекомендованої літератури	15
Додатки	17

Вступ

Метою домашньої контрольної роботи є закріплення умінь та навиків проведення розрахунків апаратів за проектною методикою.

Виконання цієї домашньої контрольної роботи дозволить студенту зробити перші креативні спроби щодо розрахунку параметрів сушарок.

Метою розрахунку є визначення геометричних розмірів апарату та їх кількості за вказаними вихідними даними.

Порядок розрахунку проводиться згідно наведеної методики.

1 Мета та завдання домашньої контрольної роботи

Метою домашньої контрольної роботи є набуття практичних умінь при виконанні студентами технічної документації з дисципліни «Процеси та апарати хімічних виробництв– 2. Гідромеханічні та масообмінні процеси і апарати хімічної технології».

Завданнями домашньої контрольної роботи є:

- привести класифікацію та опис відповідного обладнання;
- обґрунтувати вибір типу апарата для забезпечення процесу;
- провести порівняння апарата (машини) з аналогами;
- обґрунтувати вибір матеріалів для виготовлення апарата (машини);
- скласти матеріальний та тепловий баланси апарата (машини);
- визначити основні геометричні розміри апарата (машини);
- виконати схематичне зображення апарата (машини) та його елементи;
- презентувати виконану роботу.

2 Завдання на домашню контрольну роботу

Завдання видається кожному студенту особисто протягом перших двох тижнів навчання. Перелік завдань розрахункових робіт наведено в робочій навчальній програмі дисципліни.

Текст завдання підписується студентом, який буде виконувати домашню контрольну роботу та керівником.

3 Склад, обсяг і структура домашньої контрольної роботи

Домашня контрольна робота складається з розділів, перелік яких визначається керівником у завданні для виконання домашньої роботи (Додаток А). Орієнтовний обсяг пояснювальної записки 15...25 аркушів формату А4.

4 Вказівки до виконання розділів домашньої контрольної роботи

При виконанні розділів, необхідно звернути увагу на:

Розділ «**Вступ**».

У вступі коротко надається інформація про актуальність обладнання теплового процесу, що буде розраховуватись. Далі у відповідності до змісту домашньої контрольної роботи ставляться мета та задачі розробки.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Розділ «**1. Класифікація та опис відповідного обладнання**»

У розділі наводиться класифікація та опис конструкцій відповідного обладнання.

Приблизний обсяг розділу – 5...6 аркушів.

Розділ «**2 Вибір типу апарата та обґрунтування його конструкції**»

У розділі наводиться призначення апарата та вибирається його тип, що забезпечує виконання технологічного процесу, а також наводиться опис основних елементів складових частин апарата і надається його схема .

Приблизний обсяг розділу – 1...2 аркуші.

Розділ «3 Вибір та характеристика теплоносіїв і матеріалів апарата»

Наводиться характеристика та обґрунтування вибору теплоносіїв, а також вибираються матеріали для основних деталей апарата з урахуванням агресивності середовищ та виконання умов міцності. Вказуються джерела та їх бібліографічні данні.

Приблизний обсяг розділу – 1...2 аркуші.

Розділ «4 Технічна характеристика»

Подаються основні технічні вимоги до апарата, що буде розраховуватись.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Розділ «5 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції апарата (машини)

Підрозділ «5.1 Параметричний розрахунок апарата (машини)»

Виконується проектний або перевірочний розрахунок апарата та визначаються його основні геометричні розміри .

Приблизний обсяг розділу – 8...10 аркушів.

Розділ «Висновки»

У висновку перераховуються всі роботи, що були виконані у відповідності до змісту роботи, та приводиться технічна характеристика

апарата, який розраховували. Вказуються всі авторські модифікації та модернізації.

Приблизний обсяг розділу – 1 аркуш.

Розділ «Перелік посилань»

Посилання на використані джерела приводяться в тій послідовності в якій вони згадуються в тексті.

5 Рекомендації до виконання пояснювальної записки

5.1 Структура пояснювальної записки

Пояснювальна записка домашньої контрольної роботи розпочинається титульним листом з надписом „ Домашньої контрольної робота”, наступним аркушем є „Завдання на проектування”. Далі „Зміст і розділи записки відповідно до завдання”.

До додатків вносять алгоритмічні схеми (блок-схеми), таблиці ідентифікаторів, програми, довідкові матеріали і тому подібне.

5.2 Вимоги до форматування пояснювальних записок

Текст розрахункової роботи розділяють на розділи і підрозділи, відповідно до змісту.

Розділи повинні мати порядкові номери в межах усього документа (частини), позначені арабськими цифрами з крапкою. Підрозділи повинні мати нумерацію в межах кожного розділу. Номери підрозділів складаються з номерів розділів або підрозділу, розділених крапкою. Наприкінці номера розділу або підрозділу крапка не ставиться. Розділи, як і підрозділи, можуть складатися з декількох пунктів.

Найменування розділів повинні бути короткими. Найменування розділів і підрозділів записують у вигляді заголовків з абзацу прописними літерами

(окрім першої великої літери) напівжирним форматом літер Використання курсивного форматування, підкреслення та переноси слів у заголовках не допускаються. Крапку наприкінці заголовка не ставлять. Якщо заголовок складається з двох речень, їх розділяють крапкою. Розташовувати назву розділу, підрозділу та тексту на різних сторінках забороняється.

Відстань між заголовком розділу або підрозділу і текстом повинна бути у 3 інтервали. Відстань між заголовками розділу і підрозділу – 1,5 інтервали. Кожен розділ пояснювальної записки починають з нового листа (сторінки). Відстань між попереднім підрозділом та наступним заголовком підрозділу повинна бути 3 інтервали.

Нумерація сторінок повинна бути наскрізна для всієї записки, включаючи додатки.

5.3 Оформлення розрахунків

Необхідні розрахунки апаратів визначаються і уточнюються керівником. **Всі величини подаються в системі СІ.** В кожному підрозділі розрахунок складається за такою схемою

1. Мета розрахунку з вказівкою, що потрібно визначити.
2. Розрахункова схема або ескіз виробу (у довільному масштабі).
3. Вхідні данні.
4. Умови розрахунку.
5. Розрахунок.
6. Висновки, відповідно до мети.

При наведенні алгоритмів та комп'ютерних програм матеріал викладається у такій послідовності :

1. Опис математичної моделі та алгоритм розрахунку.
2. Алгоритмічна-схема та її опис.
3. Данні для розрахунку.
4. Програма.
5. Результати розрахунку на ЕОМ.

6. Висновки за результатами розрахунку на ЕОМ.

Алгоритмічна-схема, її опис та програма виноситься у додаток.

5.4 Оформлення додатків

При наявності в пояснювальній записці додатків їх виконують на аркушах формату А4. Додаток нумерують українськими літерами на першому аркуші додатку, за винятком літер Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ї. Кожний додаток розпочинається з нової сторінки посередині тексту словом додаток з вказівкою номера додатку. В наступній строчці розташовується заголовок додатку.

Текст кожного додатку при необхідності розділяють на розділи, підрозділи, які нумеруються окремо по кожному додатку. Додаток може мати свій зміст та перелік посилань. Ілюстрації і таблиці в додатках нумерують у межах кожного додатка.

Для всієї роботи повинна бути наскрізна нумерація аркушів.

6 Рекомендації щодо порядку захисту домашньої контрольної роботи

Зброшурована домашня контрольна робота захищається після перевірки керівником.

7. Алгоритм розрахунку барабанної сушарки

7.1. Визначення основних геометричних розмірів апарата

Мета: визначити основні геометричні розміри барабану.

Розрахунок здійснюється за методикою наведеною в праці [2].

Схема конвективної сушарки зображена на рисунку 7.1.

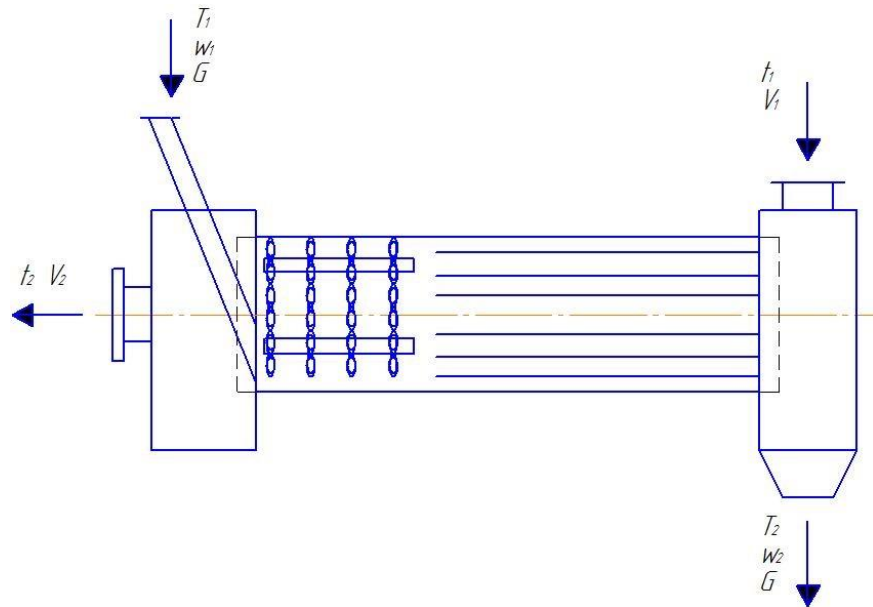


Рисунок 7.1- Схема конвективної сушарки

Вихідні дані:

Початкова вологість матеріалу ω_1 , % 6.

Кінцева вологість матеріалу ω_2 1,2.

Продуктивність апарату, т/год 5.

Температура повітря на вході в сушарку t_1 , K(°C)

382(109).

Температура повітря на виході з сушарки t_2 , K(°C)

313

(40).

Температура хлориду барію:

на вході T_1 , °C

20.

на виході T_2 , °C

50.

Коефіцієнт заповнення барабана β

20.

Параметри зовнішнього повітря для зимових умов:

барометричний тиск В, мм.рт.ст

745;

середня температура t_0 , °C

-12;

відносна вологість φ_0 , %

84;

Параметри зовнішнього повітря для літніх умов:

середня температура $t_0, ^\circ\text{C}$ 23.7;

відносна вологість $\varphi_0, \%$ 75;

Насадка – ланцюгова. Сушильний агент – повітря, так як недопустиме засмічення продукту. Схема руху сушильного агента і матеріалу в сушарці протитечійна.

Параметри зовнішнього повітря визначаємо з врахуванням географічних умов.

Вологовміст зовнішнього повітря:

$$d_0 = 622 \cdot \frac{\varphi_0 p_H}{B - \varphi_0 p_H} = \frac{0.84 \cdot 23}{10100 - 0.84 \cdot 23} = 1.192$$

Тепловміст зовнішнього повітря:

$$\begin{aligned} l_0 &= 0.24t + (595 + 0.47t) \cdot \frac{d_0}{1000} = \\ &= 0.24 \cdot (-12) + (595 + 0.47 \cdot (-12)) \cdot \frac{1.192}{1000} = -2.177 \text{ ккал/кг} = -9.1 \text{ кДж/кг} \end{aligned}$$

Параметри повітря на виході з калорифера:

$$t_1 = 109^\circ\text{C}; \quad d_1 = d_0 = 1.19; \quad l_1 = 26.9 \text{ ккал/кг} = 112,5 \text{ кДж/кг}$$

Параметри повітря на виході з сушарки:

$$t_2 = 40^\circ\text{C}, \quad \varphi_2 = 17\%, \quad d_2 = 20.6 \text{ ккал/кг} = 86,2 \text{ кДж/кг}$$

При температурі 109°C $p_H = 753 \text{ кг/м}^3$

$$l_2 = 22.2 \text{ ккал/кг} = 92,88 \text{ кДж/кг}.$$

Матеріальний баланс сушарки.

Кількість матеріалу що надходить на сушку.

$$G_1 = G_{\text{сух}} \cdot \frac{100}{100 - \omega_1} = 1500 \cdot \frac{100}{100 - 6} = 1596 \text{ кг/год} = 0,443 \text{ кг/с}$$

Кількість висушеного матеріалу

$$G_2 = G_{сух} \cdot \frac{100}{100 - \omega_2} = 1500 \cdot \frac{100}{100 - 1.2} = 1518 \text{ кг/год} = 0,421 \text{ кг/с}$$

Кількість видаляємої вологи

$$W = G_1 - G_2 = 1596 - 1518 = 77,526 \text{ кг/год} = 0,0215 \text{ кг/с}$$

Перевіряємо цю величину за формулою

$$W = G_1 \cdot \frac{\omega_1 - \omega_2}{100 - \omega_2} = 1596 \cdot \frac{6 - 1.2}{100 - 1.2} = 77,526 \text{ кг/год} = 0,0215 \text{ кг/с}$$

Приймаємо $W=78 \text{ кг/год} = 0,0215 \text{ кг/с}$.

Попередній вибір основних габаритних розмірів барабана.

Задаємося напругою барабана по вологі і вибираємо діаметр барабана :
 $A_v = 2 \text{ кг} / \text{м}^3$ і $D_b = 2200 \text{ мм}$.

Об'єм барабана

$$V_b = \frac{W}{A_v} = \frac{78}{2} = 39 \text{ м}^3$$

Визначаємо довжину барабана

$$L_b = \frac{V_b}{0.785 D_b^2} = \frac{39}{0.785 \cdot 2.2^2} = 10.265 \text{ м}$$

Приймаємо $L_b=12 \text{ м}$ та товщину стінки $s = 0,012 \text{ м}$ (відповідно до норм);
 $\frac{L}{D} = \frac{12}{2.2} = 5.45$ що є допустимим, так як $3.5 < 5.45 < 7$. Приймаємо об'єм 39 м^3 .

Тепловий баланс сушарки для зимових умов.

Параметри повітря на виході з сушарки

$$d_2 = 622 \cdot \frac{\varphi_2 p_{H_2}}{B - \varphi_2 p_{H_2}} = 622 \cdot \frac{0.43 \cdot 753}{10100 - 0.43 \cdot 753} = 20.601 \text{ г/кг}$$

$$l_2 = 0.24 \cdot t_2 + (595 + 0.47 t_2) \cdot \frac{d_2}{1000} = 0.24 \cdot 40 + (595 + 0.47 \cdot 40) \cdot \frac{20.601}{1000} = 22.245 \text{ ккал/кг}$$

Питомі витрати сухого повітря на сушку

$$l = \frac{1000}{d_2 - d_0} = \frac{1000}{20.601 - 1.192} = 51.523 \text{ кг/год}$$

Витрати повітря

$$L = l \cdot W = 51.523 \cdot 78 = 4019 \text{ кг/год}$$

Об'єм повітря на вході в сушарку знайдемо за формулою

$$V_1 = T_1 \cdot L = 1.08 \cdot 4019 = 4340$$

де $v_1 = 1.08$ при $t = 109^\circ\text{C}$

Об'єм повітря на виході з сушарки

$$V_2 = T_2 \cdot L = 0.893 \cdot 4019 = 3589 \text{ м}^3 / \text{год}$$

де $v_2 = 0.893$ при $t = 40^\circ\text{C}$

Витрати тепла на підігрівання повітря в калорифері

$$q_k = l(l_1 - l_0) = 51.523 \cdot (22.245 - (-2.177)) = 1500 \text{ кг/год}$$

Витрати тепла(годинні)

$$Q = q_k \cdot W = 1500 \cdot 78 = 1.17 \cdot 10^5 \text{ кг/год}$$

Визначення втрат тепла в оточуюче середовище.

K – коефіцієнт теплопередачі від повітря в оточуюче середовище.

Середня швидкість повітря в сушарці

$$\omega_{\epsilon}^{cp} = \frac{0.5(V_1 + V_2)}{0.785 \cdot D_b^2 (1 - \beta)} = \frac{0.5 \cdot (4340 + 3589)}{0.785 \cdot 2.2^2 \cdot (1 - 0.2) \cdot 3600} = 0.362 \text{ м/с}$$

Середня температура повітря в сушарці

$$t_f = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{109 + 40}{2} = 74.5^\circ\text{C}$$

Фізичні константи повітря наступні

$$\nu = 20.5015 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{сек}; \lambda = 3.0005 \cdot 10^{-2} \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град.}$$

Визначаємо режим руху повітря

$$\text{Re} = \frac{\omega_{\epsilon} \cdot D_b}{\nu} = \frac{0.4 \cdot 2.2}{20.5015 \cdot 10^{-6}} = 4.292 \cdot 10^4 > 1 \cdot 10^4$$

Коефіцієнт тепловіддачі від повітря до стінки за рахунок вимушеної конвекції

$$Nu = 0.018 Re_f^{0.8} \cdot \varepsilon_l = 0.018 \cdot 42920^{0.8} \cdot 1.1750 = 107.515$$

$$\varepsilon_l = 1.1750 \text{ . тоді}$$

$$\alpha'_1 = \frac{Nu\lambda}{D} = \frac{107.515 \cdot 3.0005 \cdot 10^{-2}}{2.2} = 1.466 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Коефіцієнт тепловіддачі за рахунок вільної конвекції

$$Nu_f = 0.47 Gr_f^{0.25} = 0.47 \cdot (2.467 \cdot 10^{10})^{0.25} = 186.261$$

Критерій Грасгофа

$$Gr_f = \frac{gD^3}{\nu^2} \cdot \frac{\Delta T}{T} = \frac{9.807 \cdot 2.2^2}{(20.5015 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{(74.5 - 40)}{(273 + 74.5)} = 2.467 \cdot 10^{10}$$

тоді

$$\alpha''_1 = \frac{Nu\lambda}{D} = \frac{186.261 \cdot 3.0005 \cdot 10^{-2}}{2.2} = 2.54 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від повітря до стінки

$$\alpha_1 = k(\alpha'_1 + \alpha''_1) = 1.25 \cdot (1.466 + 2.54) = 5.008 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Вважаємо, що температура в цеху рівна $T_{cp} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}$, а температура ізолюваної зовнішньої стінки барабана $T_{cm} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$. Середня температура граничного шару повітря біля стінки:

$$t_{n.сл.} = \frac{30 + 15}{2} \approx 22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Для цих умов $\nu = 15.1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{сек}$; $\lambda = 2.25 \cdot 10^{-2} \text{ ккал/м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}$. Тоді критерій Грасгофа

$$Gr = \frac{gD^3}{\nu^2} \cdot \frac{\Delta T}{T} = \frac{9.807 \cdot 2.2^3}{(20.5015 \cdot 10^{-6})^2} \cdot \frac{(30 - 15)}{(273 + 15)} = 2.385 \cdot 10^{10}$$

З урахуванням товщини стінки і шару ізоляції зовнішній діаметр D_H барабана орієнтовно приймаємо рівним 2.3 м, $Pr = 0.7$. Тоді $(GrPr) > 2 \cdot 10^6$. За цими даними вибираємо відповідну формулу для розрахунку:

$$Nu_m = 0.135 \cdot \sqrt[3]{Gr \cdot Pr} = 0.135 \cdot \sqrt[3]{2.385 \cdot 10^{10} \cdot 0.7} = 345.051$$

$$\alpha_2' = \frac{Nu_m \cdot \lambda}{D_H} = \frac{345.051 \cdot 2.25 \cdot 10^{-2}}{2.3} = 3.375 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Коефіцієнт тепловіддачі за рахунок випромінювання

$$\alpha_2'' = \frac{\varepsilon \cdot C_0 \cdot \left[\left(\frac{T_{cm}}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{cp}}{100} \right)^4 \right]}{T_{cm} - T_{cp}} = \frac{0.95 \cdot 4.96 \cdot \left[\left(\frac{273 + 30}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + 15}{100} \right)^4 \right]}{30 - 15} = 4.867 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

де $\varepsilon = 0.95$ – степінь чорноти для поверхні, покритої масляною фарбою.

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки барабана до повітря

$$\alpha_2 = \alpha_2' + \alpha_2'' = 3.375 + 4.867 = 8.242 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Визначимо необхідну товщину шару ізоляції. Вважаємо, що шар ізоляції, товщиною δ_2 , захищений кожухом із заліза $\delta_2 \approx 1$ мм, коефіцієнт теплопровідності заліза $\lambda_3 = 39$ ккал/м · ч · град. В якості ізоляційного матеріалу вибираємо азбестове волокно

($\lambda = 0.095$ ккал/м · ч · град.). Товщина стінки барабану $\delta_2 = 10$ мм;

$\lambda = 39$ ккал/м · ч · град. Також можна записати, що $t_{\omega}' = t_{\omega_1}$ і $t_{\omega}'' = t_{\omega_2}$, але

$$t_{\omega_1} = 60 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ і } t_{\omega_2} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Питомий тепловий потік

$$q_l = \pi D_{\text{вн}} \alpha_1 \left(t_f - t_{\omega_1} \right) = 3.14 \cdot 2.2 \cdot 5.008 \cdot (74.5 - 60) = 501.669$$

Знаходимо зовнішній діаметр барабана з ізоляцією D_H за наступною формулою:

$$q_l = \frac{2\pi\lambda_{iz} \left(t_{\omega_1} - t_{\omega_2} \right)}{2.31 \lg \frac{D_2}{D_1}}$$

де $D_1=2.2$ м – зовнішній діаметр барабана. Звідси $D_2=2.3$ м і товщина шару ізоляції $\delta_2 = 40$ мм. Уточнюємо зовнішній діаметр барабана:

$$D_H = 1 + 2 \cdot 0.01 + 2 \cdot 0.001 + 2 \cdot 0.445 = 2.302 \text{ м.}$$

Сумарний коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \left(\frac{\delta_1 + \delta_3}{\lambda_1} \right) + \frac{\delta_2}{\lambda_2}} = \frac{1}{\frac{1}{5.008} + \frac{1}{8.242} \cdot \left(\frac{10+1}{39 \cdot 1000} \right) + \frac{40}{0.095 \cdot 1000}} = 1.347 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

Середня різниця температур між сушильним агентом і навколишнім середовищем

$$\Delta t_{\bar{\theta}} = t_1 - T_{cp} = 109 - 15 = 94 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_m = t_2 - T_{cp} = 40 - 15 = 25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{\theta}} - \Delta t_m}{2.31 \lg \frac{\Delta t_{\bar{\theta}}}{\Delta t_m}} = \frac{94 - 25}{2.31 \lg \frac{94}{25}} = 52.157^\circ\text{C}$$

Поверхня теплообміну

$$F \approx \pi D_H L_{\bar{\theta}} + 2 \cdot 0.785 D_H^2 = 3.14 \cdot 2.302 \cdot 12 + 2 \cdot 0.785 \cdot 2.302^2 = 95.059 \text{ м}^2$$

Втрати тепла в навколишнє середовище

$$q_{\Pi} = \frac{KF\Delta t_{cp}}{W} = \frac{1.347 \cdot 95.059 \cdot 52.157}{78} = 85.628 \text{ ккал/кг вологи}$$

Складемо тепловий баланс сушарки

Прихід тепла, ккал/кг води	Витрата тепла, ккал/кг води
1. З повітрям	1. З повітрям
$q = I_0 \dots\dots\dots -112.189$	$q = I_2 \dots\dots\dots 1146$
2. З вологою матеріалу	2. З вологою матеріалу
$\dot{y} = \nu_1 \dots\dots\dots 20$	$q = \frac{G_2}{W} c_m \nu_2 \dots\dots\dots 232.832$
3. З вологою матеріалу	3. Втрати в навколишнє середовище
$q = \frac{G_2}{W} c_m \nu_1 \dots\dots\dots 93.133$	$q_{\Pi} \dots\dots\dots 85.628$
4. Від джерела тепла в калорифері	
$q_K \dots\dots\dots 1500$	

Теплоємність матеріалу на виході із сушарки

$$c_m = 0.23 \frac{100 - 3}{100} + \frac{3}{100} = 0.253 \text{ ккал/кг} \cdot \text{град}$$

Різниця балансу – приблизно 36 ккал/кг, що складає всього 2.4%.

Розрахунок сушарки для літніх умов. Цей розрахунок аналогічний розрахунку для зимових умов, змінюються лише параметри навколишнього середовища: $t_0 = 23.7^\circ\text{C}$ і $\varphi_0 = 75\%$ (для даного географічного району) і початкова температура матеріалу $T_1 = 35^\circ\text{C}$; $t_{\text{цеха}} = 25^\circ\text{C}$. Приймаємо $\varphi_2 = 73\%$ і виконуємо розрахунок аналогічно попередньому: $I_0 = 14.337$ ккал/кг; $d_0 = 14.268$ г/кг; $I_1 = 35.381$ ккал/кг; $d_2 = 35.801$ г/кг; $l = 46.44$ кг/кг; $L = 3622$ кг/ч; $V_1 = 1066$ м³/ч; $V_2 = 3670$ м³/ч; $q_K = 977.323$ ккал/кг; $Q_K = 76230$ ккал/ч; $q_{\Pi} = 7.854$ ккал/кг.

Складаємо тепловий баланс сушарки для літніх умов.

Прихід тепла, ккал/кг вологи	Витрата тепла, ккал/кг вологи
1. З повітрям	1. З повітрям
$q = I_0$	$q = I_2 \dots\dots\dots 1466$
$\dots\dots\dots 665.817$	2. З вологою матеріалу
2. З вологою матеріалу	$q = \frac{G_2}{W} c_m (v_2 - v_1) \dots\dots\dots 232.832$
$q = v_1 \dots\dots\dots 35$	3. Втрати в навколишнє середовище
3. З вологою матеріалу	$q_{\Pi} \dots\dots\dots 73.036$
$q = \frac{G_2}{W} c_m (v_1 - v_2) \dots\dots\dots 162.983$	
4. Від джерела тепла в калорифері	
$q_K \dots\dots\dots 977.323$	
1841	1772

Різниця балансу – приблизно 68 ккал/кг, що складає всього 3.7%.

Перевіримо розрахунки (для зимових умов).

Визначаємо величину Δ :

$$\Delta = v_1 - (q_m + q_{\Pi}) = 20 - (139.699 + 85.628) = -205.327$$

$$q_m = \frac{G_2}{W} c_m (v_2 - v_1) = \frac{1518}{78} \cdot 0.239 \cdot (50 - 20) = 139.699$$

Перевіримо величину питомої витрати тепла в калорифері:

$$q_K = I(I_2 - I_0) + (q_m + q_{\Pi}) - v_1 = 51.523 \cdot (22.245 - (-2.177)) + (139.699 + 85.628) = 1325$$

Перевіряємо вибір температури стінки:

$$t_{\omega} = t_f - \frac{K}{\alpha_1} \Delta t_{cp} = 74.5 - \frac{1.347}{5.008} \cdot 52.157 = 64.377$$

Прийнято 60°

$$t_{\omega} = t_c - \frac{K}{\alpha_2} \Delta t_{cp} = 15 - \frac{1.347}{8.242} \cdot 52.157 = 22.773$$

Прийнято 30° .

Висновок: діаметр барабана становить 2,2 м, довжина 12 м, внутрішній об'єм 39 м³.

Рекомендована література

1. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч. / Я.М. Корнієнко, Ю.Ю. Лукач, І.О. Мікульонок та ін. - К.: НТУУ "КПІ", 2011. - Ч. 2. - 416 с.
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1973. – 752 с.
3. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии. – М.: Химия, 1987. – 490 с.
4. Процеси та апарати хімічної технології ч.1 / Л.Л. Товажнянський, А.П. Гатлінська, В.О. Лещенко та ін. – Харків, НТУ "ХПІ" – 2007, 616 с.
5. Процеси та апарати хімічної технології ч.2 / Л.Л. Товажнянський, А.П. Гатлінська, В.О. Лещенко та ін. – Харків, НТУ "ХПІ" – 2007, 540 с.
6. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Ч. 1, 2. – М.: Химия, 1981. – 811 с.
7. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: Учебник для вузов. В 2-х частях. – М.: Химия, 1995.
8. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1982. – 772 с.
9. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков В.Н. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
10. Машины и аппараты химических производств / Под ред. И.И. Чернобыльского. – М.: Машиностроение, 1974. – 456 с.

Зразок змісту

Зміст

Вступ

1. Класифікація та опис відповідного обладнання

2 Вибір типу апарата та обґрунтування його конструкції

3 Вибір та характеристика теплоносіїв і матеріалів апарата

4 Технічна характеристика

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність конструкції апарата
(машини)

5.1 Параметричний розрахунок апарата (машини)

Висновки

Зразок титульного листа домашньої контрольної роботи

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”**

**Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

ДОМАШНЯ КОНТРОЛЬНА РОБОТА

з кредитного модуля:

**Процеси та апарати хімічних виробництв–
2. Гідромеханічні та масообмінні процеси і апарати хімічної
технології**

Студента(ки) IV курсу, групи ЛН-61

Іванова Івана Івановича

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Керівник доцент, к.т.н., Степанюк А. Р.

Національна оцінка _____

Кількість балів: _____ оцінка: ECTS _____

Члени

комісії:

_____ (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

_____ (вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Студент _____ І.І. Іванов

Київ 2017